

ЛАЗЕРНАЯ СВАРКА ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВТ20 С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНОКУЛЯТОРОВ

Е.Д. Головин¹, Н.В. Шелудько¹

Руководитель: д.т.н., проф. А.М. Оришич²

¹Новосибирский государственный технический университет

²Институт теоретической и прикладной механики СО РАН

г. Новосибирск

edgolovin@yandex.ru

Титановый сплав ВТ 20 широко применяется для изготовления деталей ответственного назначения, в том числе и в самолетостроении. Из этого сплава изготавливают элементы обшивки крыла, и другие детали, работающие при температурах от -70 до +500°C. Применение сварочных технологий приводит к снижению прочностных свойств материала. В данной работе представлены результаты исследований, направленных на повышение качества соединений листовых заготовок сплава ВТ20, полученных лазерной сваркой с применением инокуляторов. Исследования выполнялись совместно с ОКБ Лазерной техники при Институте теоретической и прикладной механики (ИТПМ) СО РАН.

В качестве объектов исследования использовались пластины из сплава ВТ20 толщиной 3 мм, сваренные встык на лазерном технологическом комплексе производства ИТПМ. Сварка выполнялась в защитной атмосфере гелия, подаваемого в вершину и корень шва. Мощность лазерного пучка составляла 3 кВт, скорость перемещения заготовки относительно луча - 0,8...1 м/мин. Инокулятор наносили на свариваемые кромки пластин в виде суспензии. Функцию инокулятора выполнял ультрадисперсный порошок TiN, плакированный хромом.

Из полученных пластин были изготовлены образцы на растяжение и усталостную долговечность, а также микрошлифы для изучения структуры. Результаты испытаний образцов на статическое растяжение представлены на рис. 1.

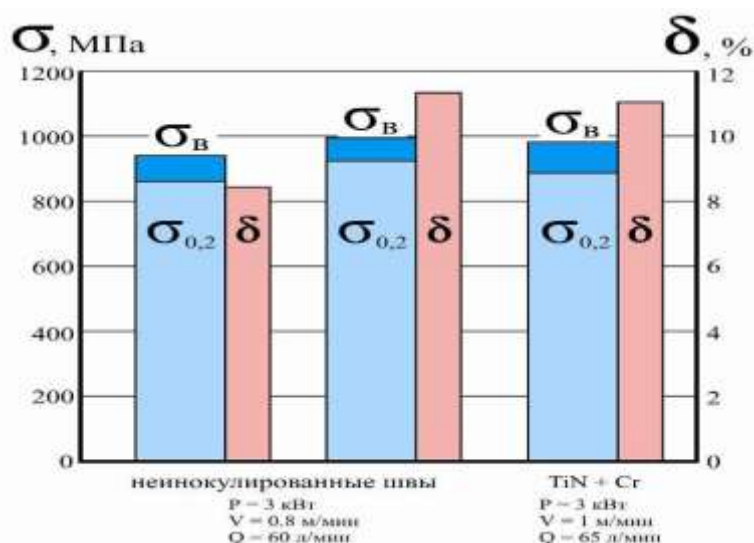


Рисунок 1. Результаты испытания на статическое растяжение

Анализ результатов, приведенных на рис. 1, позволяет сделать вывод о том, что добавление инокулятора не оказывает заметного эффекта на прочностные свойства соединения. Однако, при испытаниях сварных соединений на усталостную долговечность, ресурс работы инокулированных образцов заметно выше (табл.1). При проведении усталостных испытаний нагрузку изменяли от нулевого значения до величины 1500 Н, амплитуда деформации составляла 0,2...0,25 мм. В процессе испытаний фиксировалось время до полного разрушения образцов. На каждом режиме испытывали по два образца.

Таблица 1. Результаты усталостных испытаний образцов сплава ВТ20.

№ серии образцов	Режим сварки*	Ресурс работы до разрушения, мин
1	Сплав ВТ20 без сварного шва	157,8
		283,54
2	Сплав ВТ20 без инокулятора $P = 3 \text{ кВт}$, $V = 0,8 \text{ м/мин}$, $Q_{\text{He}} = 60 \text{ л/мин}$	24,29
		42,94
3	Сплав ВТ20 без инокулятора $P = 3 \text{ кВт}$, $V = 1 \text{ м/мин}$, $Q_{\text{He}} = 65 \text{ л/мин}$	58,38
		68,08
4	Сплав ВТ20 с добавкой TiN+Cr $P = 3 \text{ кВт}$, $V = 1 \text{ м/мин}$, $Q_{\text{He}} = 65 \text{ л/мин}$	167,4 разрушение не по шву
		91,8

*P – мощность пучка; V – скорость подачи; Q_{He} – расход защитного газа гелия.

Анализ табличных данных свидетельствует о том, что инокулирование приводит к значительному повышению ресурса работы образцов по сравнению с неинокулированными образцами и в отдельных случаях обеспечивает разрушение материала не по сварному шву.

Структурные исследования сварных соединений проведены на оптическом микроскопе Carl Zeiss AXIO Observer A1m в диапазоне увеличений $\times 25 \dots 1000$. Установлено, что добавление инокулятора вызывает измельчение структуры шва (рис.2).



а



б

Рисунок 2. Структура сварных швов ВТ20: а – неинокулированный; б – шов с добавками плакированного хромом порошка TiN

Помимо разницы в размерах структурных составляющих, отличие между инокулированным и неинокулированным швами заключается в более интенсивном травлении инокулированного металла (рис. 3).

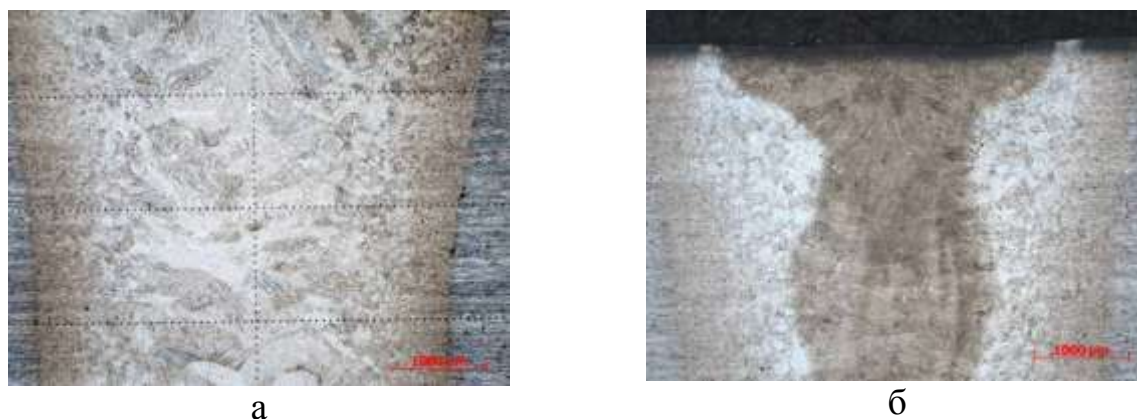


Рисунок 3. Общий вид сварных швов ВТ20:
а – неинокулированный; б – инокулированный.

На малых увеличениях металлографического микроскопа инокулированный сварной шов выглядит более темным. Четко проявляется граница между переплавленным металлом и зоной термического влияния. Это свидетельствует об изменении химического состава переплавленного металла и указывает на необходимость проведения электронно-микроскопических исследований для изучения его тонкой структуры.

Таким образом, на основании полученных результатов можно сделать выводы о том, что применение ультрадисперсных порошков тугоплавких соединений в качестве инокуляторов при лазерной сварке титанового сплава ВТ20 оказывает положительный эффект на качество сварных соединений, измельчая структуру сварного шва и повышая их сопротивление усталости.